

サービス要求モデルに基づく 電力消費最適化手法の提案

根路 銘 崇^{†, ††} 高橋 麻美[†] 松澤 裕史^{†, ††} 沼尾 雅之[†]

節電という地域規模から地球規模における様々な取組みが、非常に重要になってきている。電力会社と利用契約を結んでいる企業や家庭では、その節電効果を向上させることを目的として、試行錯誤的な検討情報や定性的な経験情報により節電対応を実施している状況にある。一方、節電状況を把握するためには、従来のブレーカー単位・月単位の電力消費量の把握に対し、より詳細に把握するために電化製品や部屋単位で測定する技術も登場してきている。

我々は、節電のための電力消費削減を評価実現する仕組みとして、電化製品利用の要求及び要求を満足するためのアクションの適用についてサービス要求モデルとして実現し、電力消費の最適化実現の手法を検討した。

本稿では、UMLを拡張したサービス要求モデルにより、節電に対する制約要求と日常生活の生活要求の関連付を示す。また、サービスインタフェースを組み込むことにより、要求に対するアクションの推薦と評価の仕組みを述べる。

A proposal of power consuming optimization approach based on service requirement model

Takashi Nerome,^{†, ††} Asami Takahashi,[†]
Hirofumi Matsuzawa,^{†, ††} and Masayuki Numao^{††}

Economy in electric power consumption is getting more important from not only the regional view point but also the earth level view point. Enterprise and home which contracted with power supplier company for its use, is trying to saving power consuming by ad-hoc approach or experienced information. Hence, the technologies and products to monitor power consuming by unit of appliance or location is getting appeared against the previous unit of breaker by month.

We propose an approach with a view of user's requirement and its associated action as a optimization method to realize an evaluation of power consumption saving. Our approach includes recommendation of action to keep requirement satisfaction by visible relation and quantitative evaluation with saving power consumption.

In this paper, we described relation among power saving requirement and life event requirement using service requirement model by the extended UML. In addition, we also describe a method for action recommendation to satisfy requirement and evaluation

1. はじめに

近年、CO₂削減や電力消費の集中利用回避を目的として地球規模から地域規模での節電要求が非常に高い状況となっている。家庭における節電の取組みとしては、涼しくしたくてもエアコンの温度を高めに設定する等、電化製品の利用の工夫[1]に基づいて定性的な効果を求めるものが多い。また、電力消費量の測定手法に関しては、従来のブレーカー単位の測定に対し部屋単位やタップ単位、電化製品単位として少しずつ測定機能を持つものが増えてきている。

CO₂削減に関しては、産業部門での減少傾向に対して家庭部門でのCO₂排出量は増加傾向にあり、家庭でのCO₂排出の40%以上が電力によるものである[2]。さらに、震災の影響を受け、地域全体での節電対策として計画停電が実施されるなど、家庭での節電がより重要な課題となっている。

また、消費電力の値をフィードバックして提示することで、5~12%の省エネ効果があることがわかっており、家庭用の消費電力見える化システムや製品が登場してきている[3][4][5][6]。これらのシステムや製品での測定対象について、具体的な消費電力情報を取得することの目的として、従来の契約毎の月単位での計測に対して部屋単位、電源タップや電化製品単位にておおよそリアルタイムに測定可能な方向に向かっている。

一方、節電の取組みに対して過度な対応を実施してしまうことで生活の満足度を落とす懸念も大きい。例えば、節電のために真夏の暑さの中でエアコンを一切利用しない状況により、熱中症等の検討に影響を及ぼす事態だけでなく死に至る状況も実際に発生している。

我々は、電化製品単位の電力消費に対して利用者との関係付けを行うことにより、定量化された詳細な状況分析により節電効果を具体的に示せる研究を行っている。電化製品の特性を捉えて電力消費量を利用者に割当て研究については既に報告済である[7]。本稿では、生活や節電に対する要求に基づき、生活満足度を維持しつつ最適な節電アクションが実施可能となる手法を提案する。要求の整理および分析についてはUMLを拡張したモデルを用いて表現する。また、要求を実現するためのアクションが作用する要求への対応をサービスとして定義する。これらをまとめてサービス要求モデルと呼ぶこととする。更に、このサービス要求モデルを用いて実際に適用可能な手法を説明し、今後システム化実現に向けて必要な課題について述べる。

[†] 電気通信大学大学院情報工学専攻

Graduate School of Computer Science, University of Electro-Communications

^{††} 日本アイ・ビー・エム (株)

IBM Japan, Ltd.

2. 要求とアクション

2.1 要求の分類

家庭では、掃除を行うための掃除機を利用や、暗くなれば照明をつけるというような日々の生活に関して多くの電化製品を利用している。このような電化製品の利用に関して、メディアや雑誌からの情報をもとに節電をするための工夫を行っているケースが多い[1]。我々は、このような生活における電化製品の利用と節電の関係の例示を行い関連について検討した。検討結果として要求の分類について表1に示す。表1では、生活に必要な要求や節電に関する電化製品への対応に関しては制約要求として整理した。また各々の要求には、直接的と支援的の2種類に分類した。

生活直接要求は、掃除をする、本を読むなどの生活を直接実施するための要求である。生活環境要求は、部屋を明るくしたい、涼しくしたいなどの、生活直接要求を実現するための補助的な要求である。制約直接要求は、電力消費量削減、電力サプライヤーへの集中負荷削減などの制約に至る目的となる要求である。制約実現要求は、「待機電力を削減する」、「最低限の機能を利用する」などの制約直接要求を実現するためのソリューションレベルの要求である。

また、組込みやIT開発における機能要求と非機能要求と対応させてみた場合、表1で示した分類は、生活と節電というスコープに限定したサブセットの位置付けとも言える。

表1 要求の分類

Table1 Classification of requirement.

	生活要求	制約要求
直接的	[生活直接要求] 生活を直接実施するための要求	[制約直接要求] 制約に至る目的となる要求
	[生活環境要求] 生活直接要求を実現するための補助的な要求	[制約実現要求] 制約直接要求を実現するソリューションレベルの要求

2.2 制約要求に対応するアクション

制約要求に対するアクションは、節電の工夫とも呼ばれる制約実現要求に対応付けられる。制約直接要求に対しては、制約実現要求に対する目的となるので直接アクションは対応付けられない。制約実現要求に対するアクションの例を表2に示す。ここでのアクションは、要求を満たす事が可能な手段を示す。制限実現要求は、制限直接

要求と紐付けられその理由を知ることが出来る。例として制限実現要求 ID9,10 は、d電力サプライヤーへの集中負荷を避けるための平準化となる要求である。また、制約要求のアクションは、電化製品となる機器を利用中に実施するものと、利用していない状況で実施するものに分類され、それぞれ「利用中対応」「非利用中対応」の列にその分類結果を示している。例えば、制約要求「最低限の機能を利用する」に関して、「冷蔵庫の設定を”中にする」アクションが例として対応付けられているが、これは電化製品が利用中にのみ効果があることにより「利用中対応」の列に○がついている。

表2 制約実現要求と対応するアクションの例
 Table2 An example of constraint realization requirements.

要求ID	制約実現要求	制約要求に対応するアクションの例	利用中対応	非利用中対応
1	最低限機能を利用する	夏場にエアコンを28℃に設定する 冷蔵庫の設定を”中”にする	○	
2	電力非消費手段を利用する	エアコンを使わずに窓を開ける	○	○
3	機器使用時間を削減する	炊飯器では、ご飯のまとめ炊きをする	○	
4	機能効果を向上させる	冷蔵庫内にビニールカーテンを付ける。 エアコンと扇風機を併用する	○	
5	待機電力を削減する	非利用時に主電源を切る 非利用時にコンセントを抜く		○
6	よりエコな機器に交換する	LED電球に交換する		○
7	バッテリー内蔵機器は深夜充電する	深夜外で利用して深夜充電する	○	○
8	機器を深夜利用する	機器を深夜に利用する	○	
9	機器使用時間を移動する	電力集中負荷時間を避けて利用する	○	
10	バッテリー内蔵機器の充電時間移動	電力集中負荷時間を避けて充電する	○	○

2.3 生活要求に対応するアクション

制約要求に対して，人各々の生活パターンから多くのアクションが，生活要求に対応することが可能であり簡単に例があげられやすい．また，生活要求に対するアクションは，生活直接要求に直接対応付けられるケースと，生活環境要求のみに対応するケースに分けられる．

(1) 生活直接要求に対応するアクションの例

「掃除をしたい」生活直接要求に対応する「掃除機を利用する」アクション

(2) 生活環境要求に対応するアクションの例

「本を読みたい」という生活直接要求に対する生活環境要求は，「明るくしたい」「涼しくしたい」がある．「明るくしたい」に対応するアクションとしては「部屋の照明をつける」「手元の照明をつける」があげられる．また，「涼しくしたい」に対応するアクションとしては，「エアコンのスイッチをオンにする」「扇風機のスイッチをオンにする」が例としてあげられる．

3. 要求とアクションの関係モデル

3.1 UML プロファイルによるステレオタイプ定義

UML は，関心毎やその関連を表現することでコミュニケーションが可能な優れたモデリング言語である[8]．また，モデル駆動技術の適用により設計や実装にも連携が容易である特徴を持つ．しかし，UML の標準では要求の表現を含んでいない．SysML では，組み込み製品の分析や設計を目的として，要求と機能を Satisfy という関係で関連付ける表現を UML に対して拡張している[9]．2章で示すような要求については，SysML でも表現が十分ではないことにより，本研究では UML Profile によるステレオタイプを新たに定義した．

3.1.1 要求とアクションのステレオタイプ

生活要求と制約要求，アクションに関するステレオタイプを図 1 に示す．主要なステレオタイプについて述べる．

- <LifeRequirement>

生活要求を表すステレオタイプ．生活要求の分類を示す LRTYPE のステレオタイププロパティを持つ．LRTYPE は，列挙型として LifeDirect（生活直接要求），LifeEnvironment（生活環境要求）の値を持つ．また，可視化されない<Requirement>ステレオタイプを継承することで，利用者が主観的に示せる RequirementLevel（要求レ

ベル）と管理のための RequirementID（要求 ID）のステレオタイププロパティが定義可能である．

- <ConstraintRequirement>

制約要求を表すステレオタイプ．制約要求の分類を示す CRTYPE のステレオタイププロパティを持つ．CRTYPE は，列挙型として Objective（制約直接要求），Solution（制約実現要求）の値を持つ．制約要求に対して電化製品が稼働時に有効がある性質を持つかどうかについて EffectiveType のステレオタイププロパティで示すことができる．列挙型の値としては，InUse（稼働中に効果がある），NotUnUse（非稼働中に効果がある），InUse&NotUnInUse（両方のケースで効果がある）の値を持つ．また LifeRequirement と同様に Requirement ステレオタイプを継承する．

- <LifeEventAction>

生活要求を実現するアクションを示すステレオタイプ．アクションの対象となる電化製品を示す Appliance と，アクションを選択する際に消費電力を伝えるための電力消費単位について示す PowerConsumptionUnit ステレオタイププロパティを持つ．

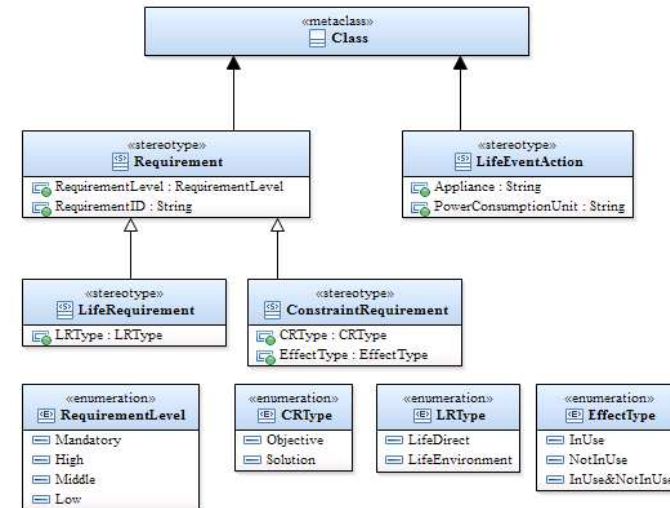


図 1 生活要求と制約要求，アクションを表すステレオタイプ

Figure 1 Stereotype to express life requirement, constraint requirement and action.

3.1.2 要求とアクションの関連を示すステレオタイプ

生活要求と制約要求に対するアクションの間の関係を示すステレオタイプを図 2 に示す．主要なステレオタイプについて述べる．

● <Assist>

直接的要求と支援的要求の関係を示すステレオタイプ。生活要求に関しては、生活直接要求に対する生活環境要求と支援の関係を示す際に利用する。また、制約要求に関しては、制約直接要求に対する制約実現要求と支援の関係を示す際に利用する。

● <Satisfy>

アクションが要求を満足させる関係を示すステレオタイプ。利用者の主観的な満足度レベルを定義する SatisfyLevel ステレオタイププロパティを持つ。主観的な評価レベルとして今回 5 段階で定義可能とする。また、可視化されない ActionEvaluation ステレオタイプを継承することで、<Satisfy> の関係を実際に評価したかどうかを EvaluationStatus ステレオタイププロパティで定義可能とする。EvaluationStatus は、列挙型として Candidate（候補として評価未実施）、Evaluate（評価実施済）の値を持つ。

● <Unsatisfy>

アクションが要求を明らかに満たさない関係を示すステレオタイプ。利用者の主観的な満足度レベルを定義する<UnsatisfyLevel>ステレオタイププロパティを持つ。Satisfy と同様に 5 段階で主観的に定義可能とする。また<Satisfy>と同様に EvaluationStatus ステレオタイププロパティを持つ。

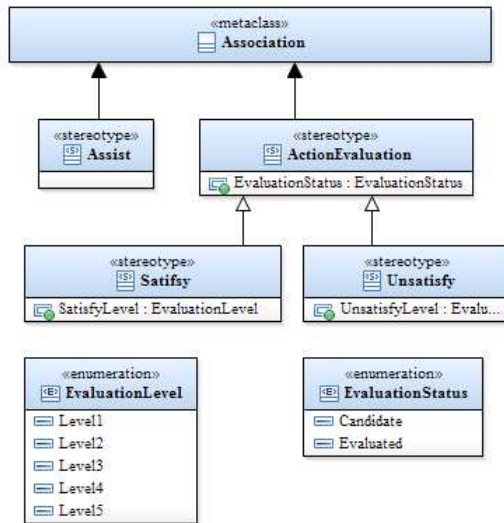


図 2 要求とアクションの関係を示すステレオタイプ
 Figure 2 Stereotype to express a relation between requirement and action.

3.2 ステレオタイプを用いた要求のモデル定義

3.1 で定義したステレオタイプを UML Profile として適用した UML モデルにより、制約とアクションの関係のモデル化が可能である。以下に、モデル化した例を示す。

3.2.1 制約要求モデル

制約直接要求と表 2 で示した制約実現要求の関係を、ステレオタイプを用いた制約要求モデルとして図 3 に示す。図 3 の制約要求では、主要なステレオタイププロパティのみを示す。表 2 の制約実現要求は CRType=Solution の属性値を持ち、CRType=Objective の属性値を持つ制約直接要求に対して<Assist>の関係を定義している。例として、「最低限機能を利用する」という制約実現要求は、「電力消費量削減」という制約直接要求を支援している。図 3 では、制約直接要求に対して社会的なテーマとなっている CO2 削減、電力消費コスト削減、地域社会情勢対応との関連を UML 標準の<depend>ステレオタイプを用いて示している。

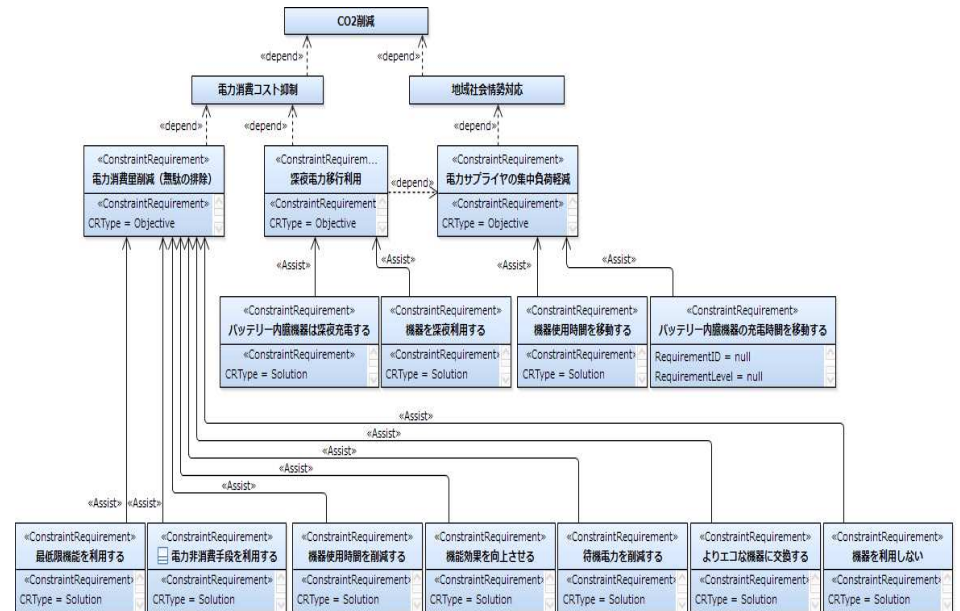


図 3 ステレオタイプを用いた制約要求モデル
 Figure 3 Constraint requirement model using stereotype.

3.2.2 生活要求モデル

生活制約直接要求と生活環境要求の関係を、ステレオタイプを用いた生活要求モデルとして図4に示す。図4の生活要求では、主要なステレオタイププロパティのみを示す。生活環境要求は `CRType=LifeEnvironment` の属性値を持ち、`CRType=LifeDirect` の属性値制約を持つ生活直接要求に対して`<Assist>`の関係を定義している。図4では、「明るくしたい」と「涼しくしたい」という生活環境要求は、「本を読みたい」という生活直接要求を支援していることを表現している。

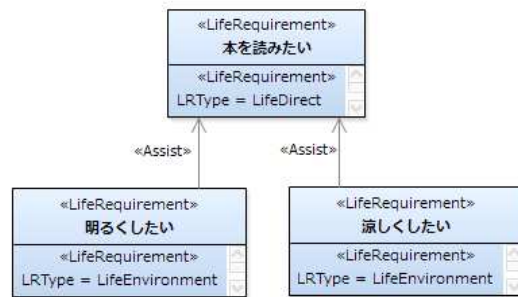


図4 ステレオタイプを用いた生活要求モデル
 Figure 4 Life requirement model using stereotype.

3.3 要求とアクションとの関係モデルの作成方法

要求とアクションとの関係モデルは、利用者の要求の強さに依存する特徴を持つ。この関係モデルの作成方法を示す。

1. 生活要求`<LifeRequirement>`を洗出してモデル化する。
2. 実行可能性のあるアクション`<LifeEventAction>`を全て洗出してモデル化する。
3. 生活要求とアクションの関係を`<Satisfy>`で示す。
4. それぞれのアクションに対し、図3を参照しながら希望する節電実施のための制約要求を取出してモデル化する。
5. アクションと制約要求の関係を`<Satisfy>`で示す。制約要求に対して明らかに満たさないものは`<Unsatisfy>`の関係を示す。

一度作成した関係モデルは、その後利用者によって評価する際に更新を続けていくものとする。

3.4 要求との関係モデルの例

図4で示した「明るくしたい」と「涼しくしたい」の生活環境要求に対して、制約実現要求とアクションの関係の例をそれぞれCase1, Case2として説明する。

3.4.1 Case 1

Case1の関係モデルの例を図5に示す。関連するアクションとして3種類を定義した。アクションのApplianceステレオタイププロパティ値には、それぞれ対象となる電化製品の名前を示している。PowerConsumptionUnitステレオタイププロパティ値には、電化製品の規格となる消費電力を示している。通常、単純に見れば、消費電力の大きい順に「明るくしたい」要求が満足されると想定されるが、想定と異なることが予想されるために実際利用した後に満足度を評価できるようにする。「最低限機能を利用する」の制約実現要求も同様に定義されているが、「手元照明のスイッチをオンにする」以外は制約実現のアクションではないため、`<Unsatisfy>`の関係が定義されている。

3.4.2 Case 2

Case2の関係モデルの例を図6に示す。Case1と同様、関連するアクションとして4種類を定義した。Case2の場合は、「最低限機能を利用する」制約実現要求は、「エアコンを28度に設定する」アクションと「扇風機のスイッチをオンにする」アクションを`<Satisfy>`の関係を定義する。また、「電力非消費手段を利用したい」制約実現要求に関して、風を例とする自然環境を利用するための「窓を開ける」アクションと`<Satisfy>`の関係を定義する。

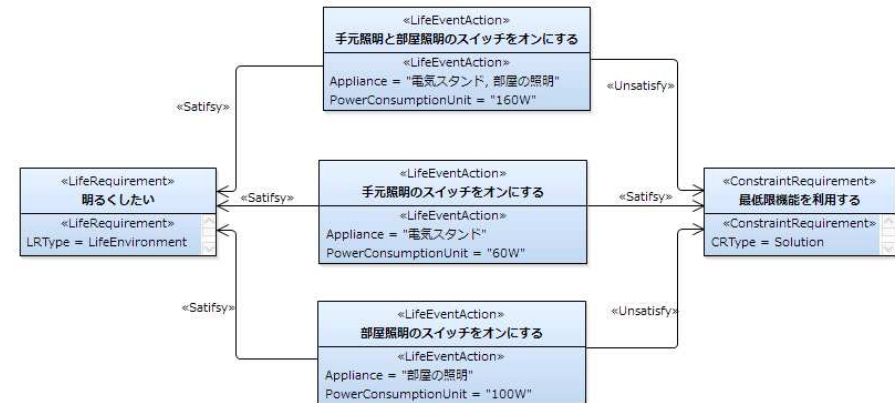


図5 「明るくしたい」生活環境要求に関するアクションの関係モデル
 Figure 5 Action relational model for "Make brighter" life support requirement

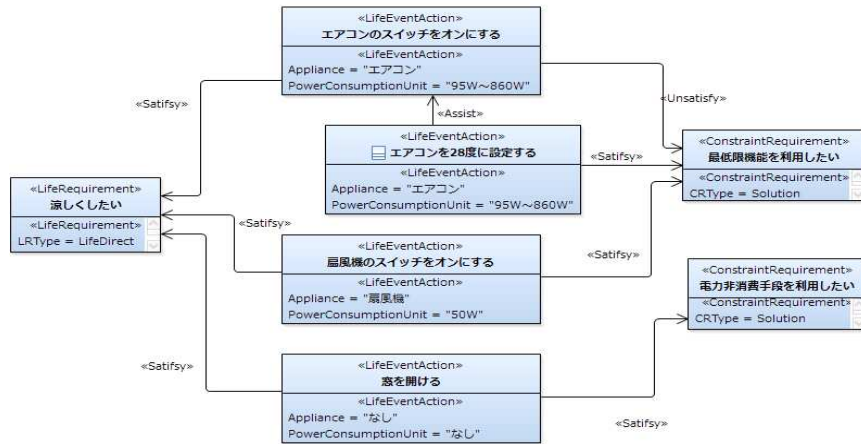


図 6 「涼しくしたい」生活環境要求に関するアクションの関係モデル
Figure 5 Action relational model for “Make it cooler” life support requirement

4. サービス要求モデルを用いたアクション評価の実現

要求に対するアクション評価実現を可能とするシステム実現に向けて，今回サービス要求モデルとして論理的な構成要素と関連を定義した．サービス要求モデルは，アクション評価を実現することで，要求を満たしつつ電力消費を最適化するための手順を表すことを可能とする．

4.1 サービス要求モデルの構成要素と関連

利用者を中心としたサービス要求モデルの構成要素と関連を図 7 に示す．また，主要となる構成要素と関係要素との依存情報について以下に示す．

- 利用者

利用者は，要求とアクションの関係モデルを事前に定義(undefine)していることとする．利用者は，サービスを受けている状態を求める場合に生活要求が発生する．その際，生活要求をサービスコンシェルジュにリクエスト(request)して，薦められた(recommend)アクションから実行するためのアクションを選択(select)する．アクションにもとづき電化製品を利用する．「窓を開ける」というアクションの場合は，非電化製品の利用として実行する．その後，アクションの作用として，サービスを受けている状態を受けること定義する(wired)．サービスを受けている状態が終了した場合には，

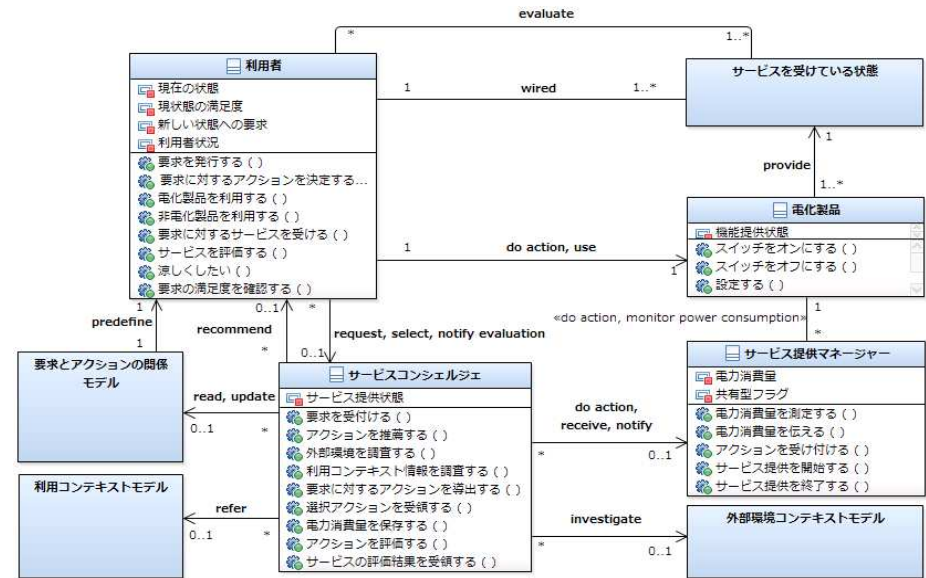


図 7 サービス要求モデル
Figure 7 Service requirement model

そのサービスに対して要求に対する評価を行い(evaluate)，サービスコンシェルジュに評価結果を伝える(notify evaluation)．

- サービスコンシェルジュ

サービスコンシェルジュは，利用者からの要求に対してサービス作用を伴うアクションを推薦(recommend)する．推薦のアクションを導き出すために，要求とアクションの関係モデルを読み込み(read)，次に利用コンテキストモデルを参照し(refer)，外部環境コンテキスト情報を調査(inquiry)する．アクションを利用者が選択した際には，サービス提供マネージャーにサービス提供の開始を伝える(notify)．利用者からサービス結果の評価を取得した際には，サービス提供マネージャーから実際に利用した電力消費量を取得する．その後，その取得結果をもとに実施されたアクションに関して制約要求の評価を行う．生活要求に関しては，利用者からの評価結果を入手することで，要求とアクションの関係モデルに対して生活要求の評価を更新する(update)．

サービスコンシェルジュの実体は，照明サービスや空調サービスなどに関連する生活環境要求に応じて個別に定義される．

- サービス提供マネージャー
 電化製品の提供する機能をサービスとして捉え、電化製品のコントロールを実行する。また、サービス提供期間に関する電力消費量を測定する。
- 利用コンテキストモデル
 利用者のロケーションや、ロケーションの室温等の情報を持っているコンテキスト情報を調査し保有する。
- 外部コンテキストモデル
 利用コンテキスト以外の、外部の情報を調査し保有する。対象となる情報の例として、電力会社の電力消費負荷情報や天気情報などがあげられる。

4.2 シーケンス図を用いた実行の手順

4.1 で示したサービス要求モデルを用いた一連の実行の手順を示す。「涼しくしたい」生活環境要求に対応するアクション実行までのシーケンス図について図8に示す。また、このアクションの作用となるサービス評価の手順について図9に示す。

サービス提供マネージャーは、図8のアクションを実行した後から電化製品のスイッチをオフにするまでの間、電化製品の電力消費を測定し続ける。スイッチをオフにした際には、図9の実行手順に移ることとなる。

5. システム実現に向けた課題

サービス要求モデルを用いた手順の検討により、システム実現に向けて対応が必要だと考えられる主要課題について述べる。

5.1 インバーターや自然環境がもたらす制約実現要求の満足度への影響

3.3.2 の例におけるアクションでは Appliance としてインバーター機能を持つエアコンが定義されている。このようなエアコンや冷蔵庫では、部屋の室内外の温度や湿度と空調負荷により電力消費量に大きな影響がでる。これは、制約実現要求に対して <Satisfy> で示す満足度評価にも影響を及ぼすこととなる。ゆえに外部環境モデルや利用コンテキストモデルの情報を取り込みアクションの推薦を実行するアルゴリズムの定義が必要である。また、電化製品を定義しない「窓を開ける」アクションについては、利用者の生活環境要求に対する満足度評価にも影響がでることから、同様なアルゴリズムを必要とする。

5.2 フィーチャーモデルの応用適用

制約実現要求や生活要求に対応するアクションとの間には、<Satisfy>、<Unsatisfy> の関連が定義されており、その関連の数は利用継続が長くなるにつれて増大することが想定される。また、サービスの評価時には、利用者から評価結果にもとづき評価対象となる生活要求の満足度に対して更新を行う。更新に関しては、図2で示すような <Satisfy> の5段階評価だけでなく、<Satisfy> から <Unsatisfy> への評価や、<Unsatisfy> から <Satisfy> への評価の変更も実施される。同様に、利用者コンテキスト情報や外部環境コンテキスト情報も調査することで制約実現要求の関連定義にも変更が発生することが想定される。これらの関連の具体化定義及び変更への対応の案として、FODA (Feature Oriented Domain Analysis) [10] で示すフィーチャーモデルを利用した応用を行うことで対応できることも考えられる。

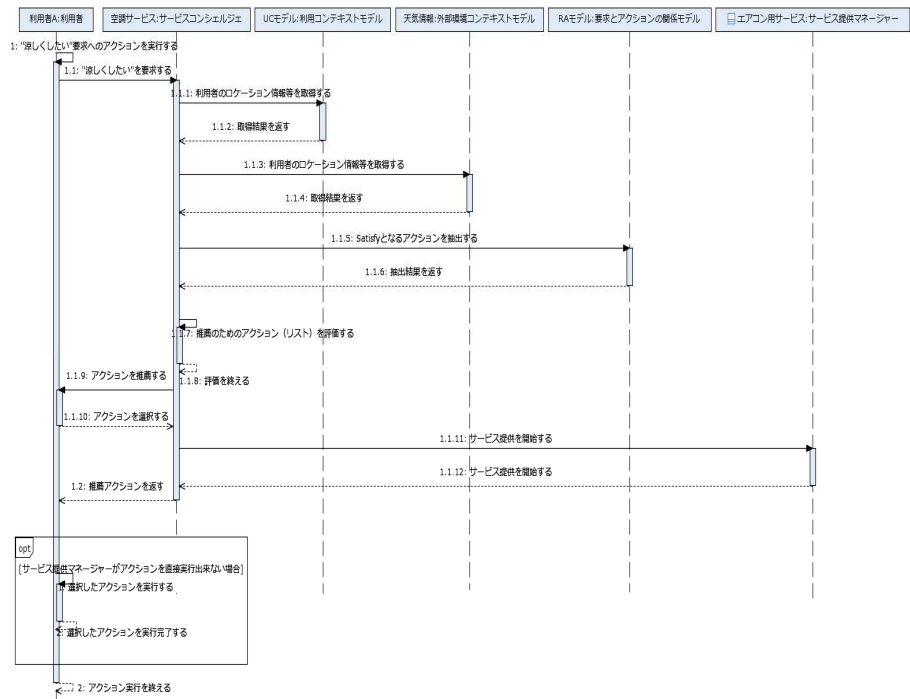


図8 「涼しくしたい」生活環境要求に対応するアクション実行までのシーケンス図
 Figure 7 Sequence diagram to specify action execution for "Make it cooler".

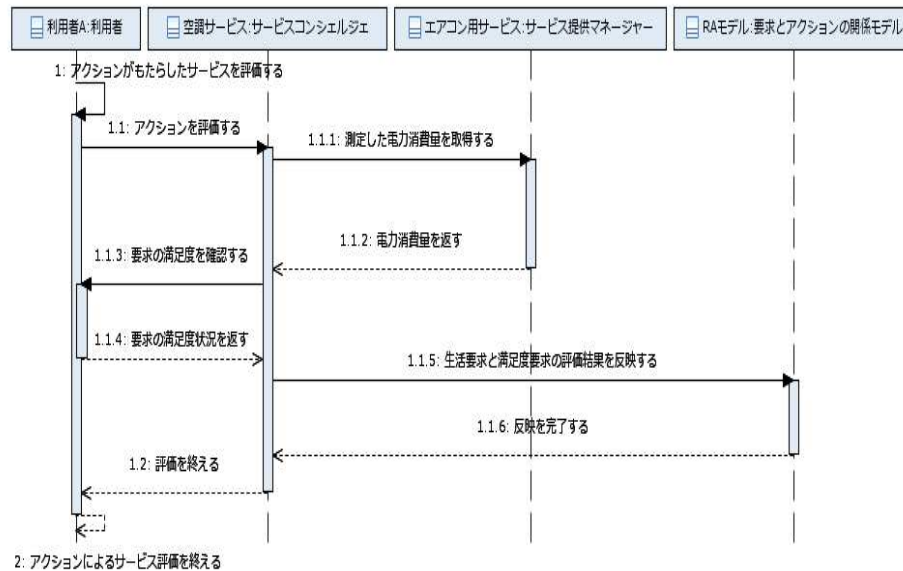


図 9 サービス評価から選択したアクション評価を導くためのシーケンス図
 Figure 9 Sequence diagram to evaluate the selected action from service evaluation.

5.3 サービスを複数人で共有する際の制約要求満足度への影響

サービスを複数人で共有する際、制約要求と生活要求の満足度に影響が出ることが考えられる。例えば、同じ部屋に3人いた場合、各々手元照明を利用するよりも、部屋の照明が提供するサービスを3人が共有する方が、生活要求と制約要求を満たす可能性がある。サービスを複数人で共有することに関しては、サービスコンシェルジェの実現の際に解決が必要である。

5.4 要求とアクションとの関連モデルの共有と更新

要求とアクションの関連モデルの定義に関して、今回利用者が事前に実施することを前提とした。しかし、日々の生活要求や対応するアクション、及び節約の工夫となる制約実現要求の定義は、絶えず増加していく性質がある。この関連モデルについては、複数の利用者でモデル情報を共有および更新していくことが必要であると考えられる。また、事前定義だけでなくサービスコンシェルジェ側からも、関連モデルの生活要求や制約要求だけでなくアクションを追加していく仕組みも必要である。

6. おわりに

本稿では、要求を分類して生活要求と制約要求について定義し、要求を満たすアクションとの関連のモデル化について述べた。次に、要求を満たすアクションの実行と評価を実現するためのシステム化に向けて、論理的な構成要素と振る舞いを示すサービス要求モデルについて示した。最後に、サービス要求モデルを用いた検討にもとづくシステム実現に対する主要課題を4つ述べた。

今後は、主要課題の解決に向けて検討するとともに、実記シミュレーション用いて生活要求と制約要求の両方を満たすことで、電力消費最適化の評価を行っていききたい。シミュレーションでは、サービスコンシェルジェを呼出すインターフェースとして、人が携帯しやすいスマートフォンを用いて実施することを検討している。シミュレーションの評価にもとづき、システム化実現の検証も続けて実施していきたいと考えている。

謝辞 生活パターンや節電アクションの情報収集にご協力頂いた皆様に、謹んで感謝の意を表する。

参考文献

- [1] 節電.go.jp, 政府の節電ポータルサイト ウェブページ, <http://setsuden.go.jp/>
- [2] 国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィスウェブページ, <http://www-gio.nies.go.jp/index-j>.
- [3] Corinna Fischer, “ feedback on household electricity consumption a tool for saving energy ”, Energy Efficiency(2008)1:79-104.
- [4] Panasonic ECO マネシステム, <http://denko.panasonic.biz/Ebox/densetsu/lifinity/eco/index.html>
- [5] 富士通スマート電源タップ, <http://pr.fujitsu.com/jp/news/2010/03/31-3.html>.
- [6] 中島高英.“ クラウド型コンピュータによる消費エネルギーの見える化の実用事例～グリーン東大工学部プロジェクトにおける事例紹介～ ”, 電子情報通信学会技術研究報告(2009). 桜井貴文: 直観主義論理と型理論, 情報処理, Vol.30, No.6, pp. 626-634 (1989).
- [7] 高橋麻美, 根路銘崇, 沼尾雅之.“ サービスインタフェースモデルに基づいた利用者単位の消費電力測定手法の提案 ”, 第10回情報科学技術フォーラム(2011).
- [8] Object Management Group. *OMG Unified Modeling Language (OMG UML) Superstructure Specification Version 2.2*, February 2009. <http://www.uml.org/>
- [9] Object Management Group. *OMG System Modeling Language (OMG SysML) Specification Version 1.1*, November 2008. <http://www.omg.sysml.org/>
- [10] K. Kang, S. Cohen, J. Hess, W. Novak, and A. Peterson, "Feature-Oriented Domain Analysis (FODA) Feasibility Study", Software Engineering Institute, Technical report, CMU/SEI-90-TR-021, 1990